

Практическое занятие 4. Шероховатость поверхности. Допуск формы и расположения

Цель и задачи. Приобретение навыков по назначению и обозначению допусков формы и расположения, а также шероховатости поверхности с учетом конструкторских и эксплуатационных характеристик работы детали; ознакомление со стандартами серии «Характеристики изделий геометрические» и их особенностями в интерпретации терминов, определений и обозначений на чертежах. Для достижения этих целей студенты для конкретных узлов определяют значения допусков формы и расположения, а также назначают шероховатость поверхности. Обозначение на чертежах допусков форм, расположения и шероховатости указывают в соответствии с требованиями ГОСТ 2.308–2011, ГОСТ 2309-73.

Теоретические сведения.

Допуски формы и расположения поверхностей деталей установлены следующими стандартами:

ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения;

ГОСТ 24643-81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения;

ГОСТ 2.308-2011. Единая система конструкторской документации. Указания допусков формы и расположения поверхностей;

ГОСТ Р 50056-92. Основные нормы взаимозаменяемости. Зависимые допуски формы, расположения и координирующих размеров. Основные положения по применению;

ГОСТ Р 53089-2008 (ИСО 5458:1998). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление позиционных допусков;

ГОСТ 25069-81 (СТ СЭВ 1911-79). Основные нормы взаимозаменяемости. Неуказанные допуски формы и расположения поверхностей.

Шероховатость поверхностей деталей нормирована стандартами:

ГОСТ 25142-82 (СТ СЭВ 1156-78). Шероховатость поверхности. Термины и определения;

ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики;

ГОСТ 2.309-73. Единая система конструкторской документации. Обозначение шероховатости поверхностей.

В процессе изготовления деталей, в результате колебаний, возникающих в процессе механической обработки, износа инструмента и других технологических факторов, возникают погрешности линейных размеров, погрешности формы и расположения поверхностей, шероховатости поверхностей. Все эти погрешности оказывают негативное воздействие на работоспособность детали и механизма в целом. Для снижения этих воздействий необходимо ограничивать эти погрешности, путем задания в конструкторских документах соответствующих допусков. От правильности их задания, выбора числовых значений, а также технологии изготовления и будет зависеть качество готового изделия.

Для назначения соответствующих допусков приходится решать сложную задачу оптимизации этих значений с учетом условий эксплуатации и затрат на достижение точности. При этом важно помнить, что допуски формы и расположения составляют лишь часть допуска самого размера.

Согласно ГОСТ 24643-81 [15, приложение 2], рекомендуются следующие уровни относительной геометрической точности, которые характеризуются соотношением между допуском формы или расположения и допуском размера:

A – нормальная относительная геометрическая точность, для допуска формы или расположения составляет примерно 60 % от допуска на размер;

B – повышенная относительная геометрическая точность, для допуска формы или расположения составляет примерно 40 % от допуска на размер;

C – высокая относительная геометрическая точность, для допуска формы или расположения составляет примерно 25 % от допуска на размер.

Указанные уровни относительной геометрической точности не исключают возможности в обоснованных случаях назначать допуск формы или расположения, для которого используется менее 25 % допуска размера.

Допуски формы цилиндрических поверхностей, соответствующие уровням А, В, С, составляют примерно 30, 20 и 12 % допуска размера, так как допуск формы ограничивает отклонение радиуса, а допуск размера – отклонение диаметра поверхности.

Допуски цилиндричности, круглости, профиля продольного сечения, плоскостности, прямолинейности и параллельности назначаются в тех случаях, когда они должны быть меньше допуска на размер или неуказанных допусков по ГОСТ 25069-81 [22].

Уровни относительной геометрической точности и соответствующие им степени точности формы приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Степень точности формы цилиндрической поверхности в зависимости от качества и уровня относительной геометрической точности

	Квалитеты допуска размера																										
	4			5			6			7			8			9			10			11			12		
Уровни геометрической точности	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Степень точности формы	3	2	1	4	3	2	5	4	3	6	5	4	7	6	5	8	7	6	9	8	7	10	9	8	11	10	9

Допуски формы и расположения в графических документах указывают с использованием условных обозначений (таблица 4.2) или текстом в технических требованиях в случае отсутствия таких символов.

Таблица 4.2 – Условные обозначения допусков формы и расположения

Группа допусков	Вид допуска	Знак
Допуск формы	Допуск прямолинейности	
	Допуск плоскостности	
	Допуск круглости	
	Допуск цилиндричности	
	Допуск профиля продольного сечения	
Допуск расположения	Допуск параллельности	
	Допуск перпендикулярности	
	Допуск наклона	
	Допуск соосности	
	Допуск симметричности	

	Позиционный допуск	$\oplus$
	Допуск пересечения осей	$\times$
Суммарные допуски формы и расположения	Допуск радиального биения Допуск торцового биения Допуск биения в заданном направлении	$\nearrow$
	Допуск полного радиального биения Допуск полного торцового биения	$\nearrow \nearrow$
	Допуск формы заданного профиля	$\frown$
	Допуск формы заданной поверхности	$\smile$

При условном обозначении данные о допусках формы и расположения поверхностей указывают в прямоугольной рамке, разделенной на две и более части (см. рисунки 4.1, 4.2), в которых помещают [10]:

- в первой – знак нормируемой геометрической характеристики по таблице 4.2;
- во второй – значение допуска формы или расположения, выраженное в миллиметрах;
- в третьей и последующих - буквенное обозначение базы (баз) или буквенное обозначение поверхности, с которой связан допуск расположения.

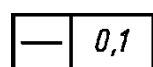


Рисунок 4.1

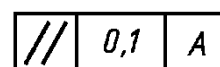


Рисунок 4.2

Если допуск относится к поверхности или ее профилю, то рамку соединяют с контурной линией поверхности или ее продолжением, при этом соединительная линия не должна быть продолжением размерной линии (см. рисунки 4.3, 4.4).

Если допуск относится к оси или плоскости симметрии, то соединительная линия должна быть продолжением размерной линии (рисунок 4.5, а и 4.5, б).

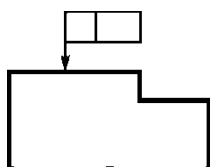


Рисунок 4.3

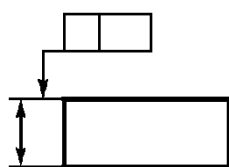
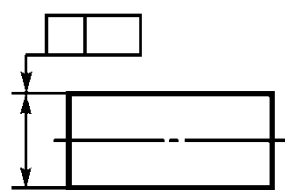
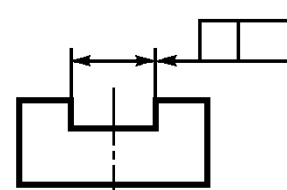


Рисунок 4.4



а



б

Рисунок 4.5

Перед числовым значением допуска следует указывать [10]:

- символ $\varnothing$, если круговой или цилиндрический интервал допуска указывают диаметром (рисунок 4.6, а);

- символ R, если круговой или цилиндрический интервал допуска указывают радиусом (рисунок 4.6, б);

- символ T, если допуски симметричности, пересечения осей, формы заданного профиля и заданной поверхности, а также позиционные допуски (для случая, когда интервал позиционного допуска ограничен двумя параллельными прямыми или плоскостями) указывают в диаметральном выражении (рисунок 4.6, в);

- символ T/2 для тех же видов допусков, если их указывают в радиусном выражении (рисунок 4.6, г);

- слово "сфера" и символ $\oslash$ или R, если интервал допуска сферический (рисунок 4.6, д).

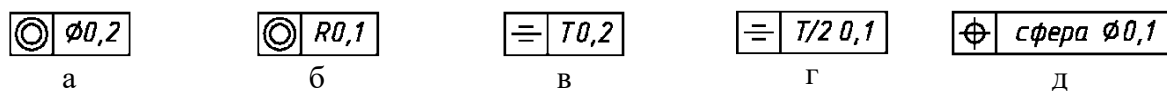


Рисунок 4.6

Если для одного элемента необходимо задать два разных вида допуска, то допускается рамки объединять и располагать, как показано на рисунке 4.7.

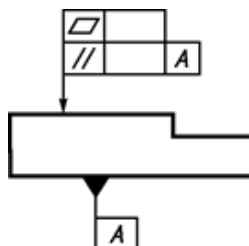


Рисунок 4.7

Если два или несколько элементов образуют объединенную базу и их последовательность не имеет значения (например, они имеют общую ось или плоскость симметрии), то каждый элемент обозначают самостоятельно и все буквы вписывают подряд в третью часть рамки (рисунок 4.8, а) [10].

Если необходимо задать допуск расположения относительно комплекта баз, то буквенные обозначения баз указывают в самостоятельных частях (третьей и далее) рамки. В этом случае базы записывают в порядке убывания числа степеней свободы, лишаемых ими (рисунок 4.8, б) [10].

Зависимые допуски формы и расположения обозначают условным знаком $\textcircled{M}$, который помещают:

- после числового значения допуска, если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого элемента (рисунок 4.9, а);

- после буквенного обозначения базы (рисунок 4.9, б) или без буквенного обозначения в третьей части рамки (рисунок 4.9, г), если зависимый допуск связан с действительными размерами базового элемента;

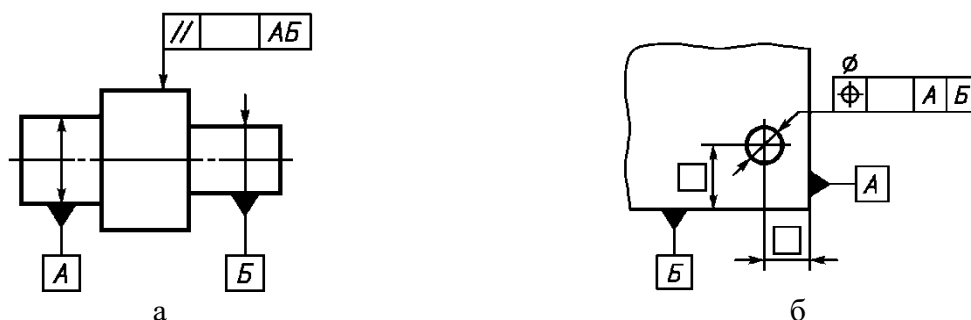


Рисунок 4.8

- после числового значения допуска и буквенного обозначения базы (рисунок 4.9, в) или без буквенного обозначения (рисунок 4.9, д), если зависимый допуск связан с действительными размерами рассматриваемого и базового элементов.

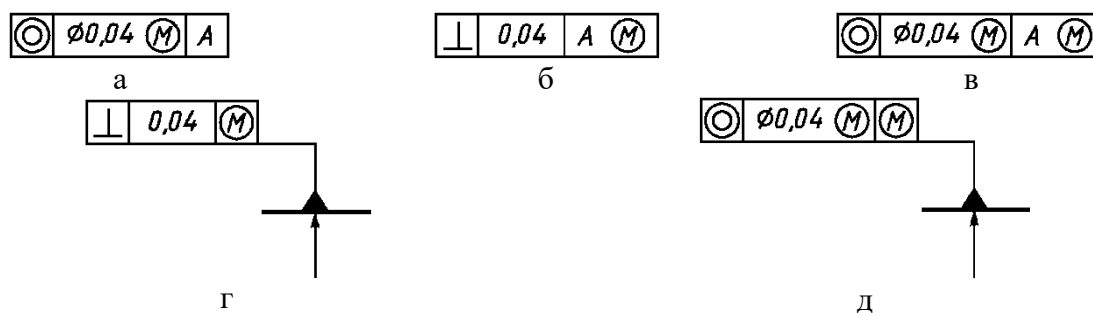


Рисунок 4.9

Если допуск расположения или формы не указан как зависимый, то его считают независимым.

Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей должны соответствовать значениям таблицы 4.3. Ряд числовых значений может быть продолжен как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения.

Таблица 4.3 – Числовые значения допусков формы, допусков расположения и суммарных допусков формы и расположения поверхностей [15]

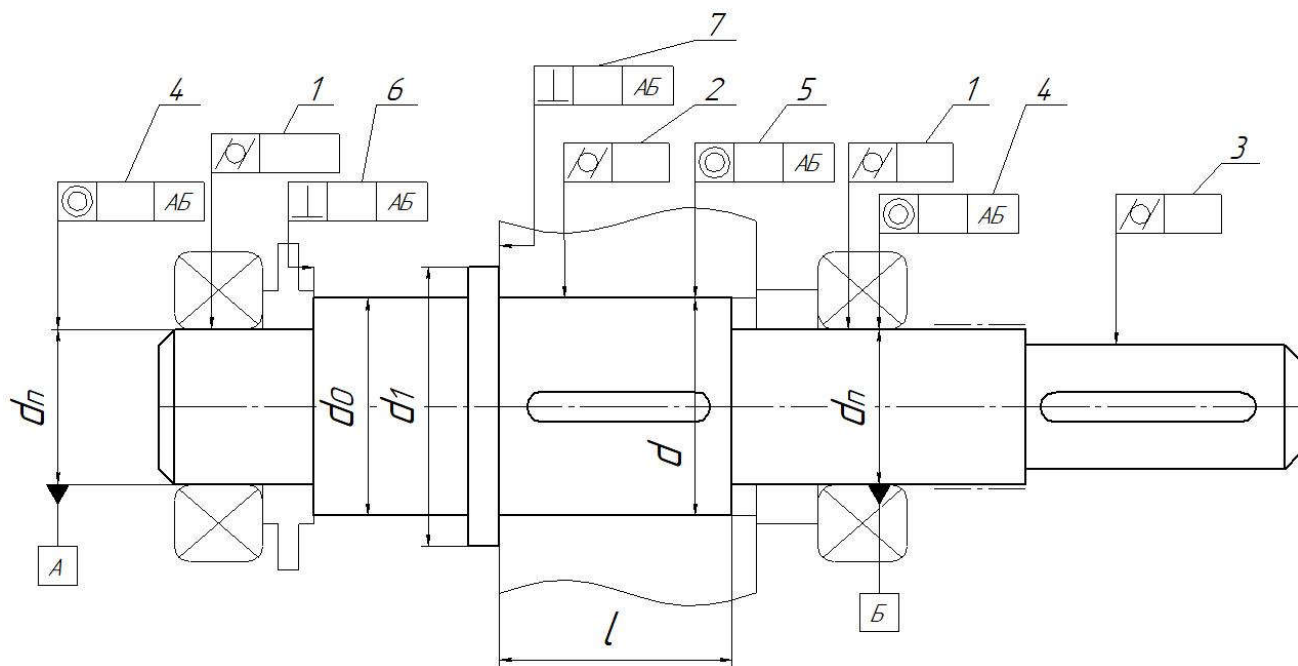
0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8
10	12	16	20	25	30	40	50	60	80
100	120	160	200	250	300	400	500	600	800
1000	1200	1600	2000	2500	3000	4000	5000	6000	8000
10000	12000	16000	—	—	—	—	—	—	—

При определении числовых значений геометрических допусков необходимо учитывать следующие моменты:

1. Для анализа работы подшипника качения, составления размерных цепей и нахождения допустимого отклонения поверхности заплечника вала, целесообразно рассматривать отклонение от перпендикулярности поверхности заплечника относительно оси. Однако, измерение положения поверхности заплечника под подшипник, изготовленной детали, будет проведено путем измерения торцового биения. Поэтому на рабочих чертежах следует назначать торцовое биение, что соответствует требованиям ГОСТ 3325-85 [31].

2. Отклонение от цилиндричности является комплексным показателем. На практике данный показатель измеряют методом сечений, в перпендикулярном и продольном направлении к оси. Поэтому на рабочих чертежах целесообразно указывать допуски формы посадочных мест валов (осей) и отверстий корпусов в радиусном измерении (допуск круглости, допуск профиля продольного сечения), что также соответствует требованиям ГОСТ 3325-85 [31].

С учетом вышесказанного, ниже приведены рекомендации для назначения допусков формы и расположения для деталей типа валов, зубчатых колес, крышек подшипников качения, стаканов для подшипников качения по [43].



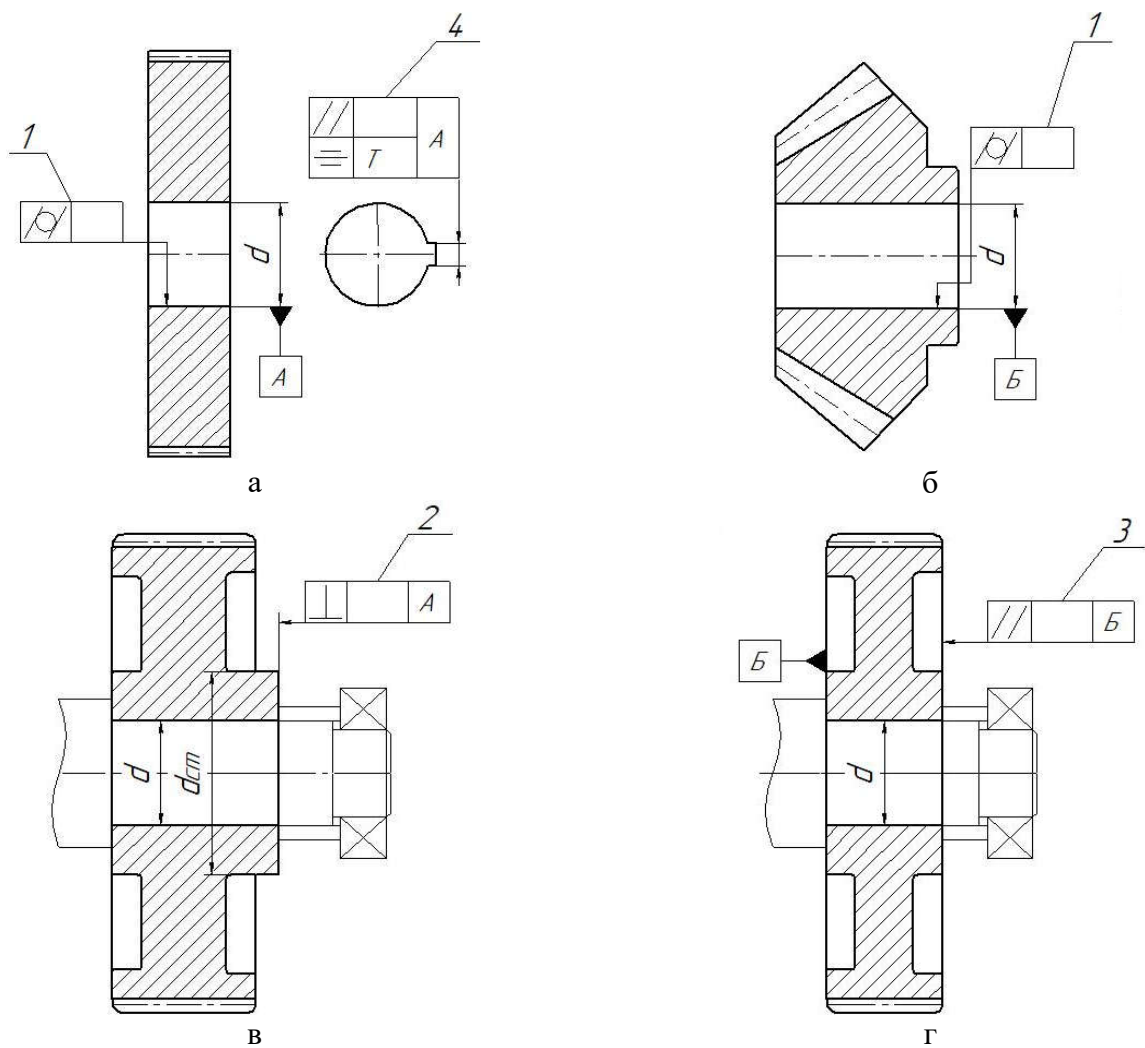


Рисунок 4.11 – Зубчатые колеса

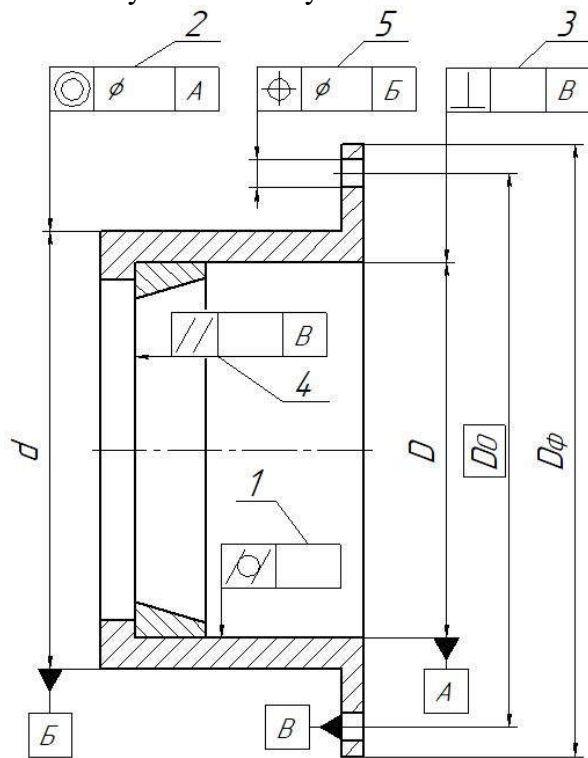


Рисунок 4.12 – Стакан

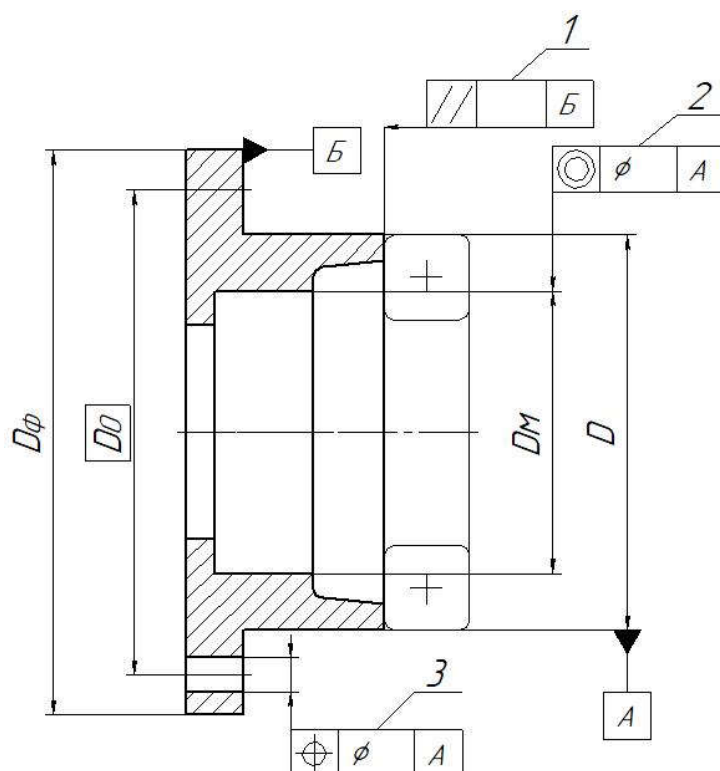


Рисунок 4.13 – Крышка

Таблица 4.4 – Рекомендации по назначению допусков формы и расположения

Номер позиции		Допуск, мкм			
Рисунок 4.10					
1	$T_{f\phi}$	T_o по ГОСТ 3325-85 [31] или по приложению 5, таблица П5.3 $T=$ по ГОСТ 3325-85 [31] или по приложению 5, таблица П5.3			
2, 3	$T_{f\phi} \approx 0,3 \cdot IT$, округленное до ближайшего стандартного значения по таблице 4.1, где IT – допуск размера				
4	T_{ϕ} по ГОСТ 3325-85 [31] (приложение 7) или по приложению 6				
5	T_{ϕ} на диаметре d по ГОСТ 24643-81 [14] или по таблице П4.3 При использовании таблицы следует учитывать связь степени точности и кинематической точности зубчатого колеса:				
	Степень кинематической точности передачи	Степень точности допуска соосности при диаметре делительной окружности, мм			
		св.50 до 125	св.125 до 280	св.280 до 560	
	6	5	5	6	
	7	6	6	7	
	8	7	7	8	
	9	7	8	8	
6	$T_{\perp}$ на диаметре d_0 по ГОСТ 3325-85 [31] (таблица 5, 6) или по приложению 5, таблицы П5.1, П5.2				
7	$T_{\perp}$ на диаметре d_1 при $l/d < 0,8$ по приложению 4, таблица П4.3 При использовании таблицы следует учитывать связь степени точности и точности по нормам контакта зубчатого колеса:				
	Тип колес	Степень точности допуска перпендикулярности при степени точности передачи по нормам контакта			
		6	7,8	9	
	Зубчатые	5	6	7	
Рисунок 4.11					
1	$T_{f\phi} \approx 0,3 \cdot IT$, округленное до ближайшего стандартного значения по				

	таблице 4.1, где IT – допуск размера отверстия
2	$T_{\perp}$ на диаметре ступицы при $l/d \geq 0,8$ по приложению 4, таблица П4.3 Степень точности по таблице П4.3 следует принимать: 8 – при установке вала на шариковых радиальных и радиально-упорных подшипниках; 7 – при установке вала на подшипниках с короткими цилиндрическими роликами; 6 – при установке вала на конических роликовых подшипниках
3	$T_{//}$ на диаметре ступицы при $l/d < 0,8$ по приложению 4, таблица П4.3 Степень точности по таблице П4.3 следует принимать: 7 – при установке вала на шариковых радиальных и радиально-упорных подшипниках; 6 – при установке вала на подшипниках радиальных с короткими цилиндрическими роликами; 5 – при установке вала на конических роликовых подшипниках
4	$T_{//} \approx 0,5TB$, $T_{\perp} \approx 2TB$, где TB – допуск на ширину шпоночного паза, округленное до ближайшего стандартного значения по таблице 4.1
Рисунок 4.12	
1	$T_{\phi} \approx 0,3 \cdot IT$, округленное до ближайшего стандартного значения по таблице 4.1, где IT – допуск размера
2	$T_{\odot} \approx 0,6 \cdot IT$, округленное до ближайшего стандартного значения по таблице 4.1, где IT – допуск размера
3	$T_{\perp}$ на диаметре D по приложению 4, таблица П4.3 Степень точности по таблице П4.3 следует принимать: 9 – при установке в стакан шариковых радиальных и радиально-упорных подшипников; 8 – при установке в стакан роликовых подшипников с короткими цилиндрическими роликами; 7 – при установке в стакан конических роликовых подшипников
4	$T_{//}$ на диаметре D_{ϕ} по приложению 4, таблица П4.3 Степень точности по таблице П4.3 следует принимать как в предыдущей строке
5	$T_{\oplus} \approx 0,4 \cdot (d_{\text{отв}} - d_{\text{в}})$, где $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия; $d_{\text{в}}$ – диаметр винта
Рисунок 4.13	
1	$T_{//}$ на диаметре D_1 по приложению 4, таблица П4.3 Степень точности по таблице П4.3 следует принимать: 10 – при работе вала на шариковых радиальных и радиально-упорных подшипниках; 9 – при работе вала на роликовых подшипниках с короткими цилиндрическими роликами; 8 – при работе вала на конических роликовых подшипниках
2	$T_{\odot}$ на диаметре D_m по приложению 4, таблица П4.4
3	$T_{\oplus} \approx 0,4 \cdot (d_{\text{отв}} - d_{\text{в}})$, где $d_{\text{отв}}$ – диаметр отверстия; $d_{\text{в}}$ – диаметр винта

Шероховатость поверхности – совокупность неровностей поверхности с относительно малыми шагами, выделенная, например, с помощью базовой длины [23].

Схематично шероховатость поверхности представлена на рисунке 4.14.

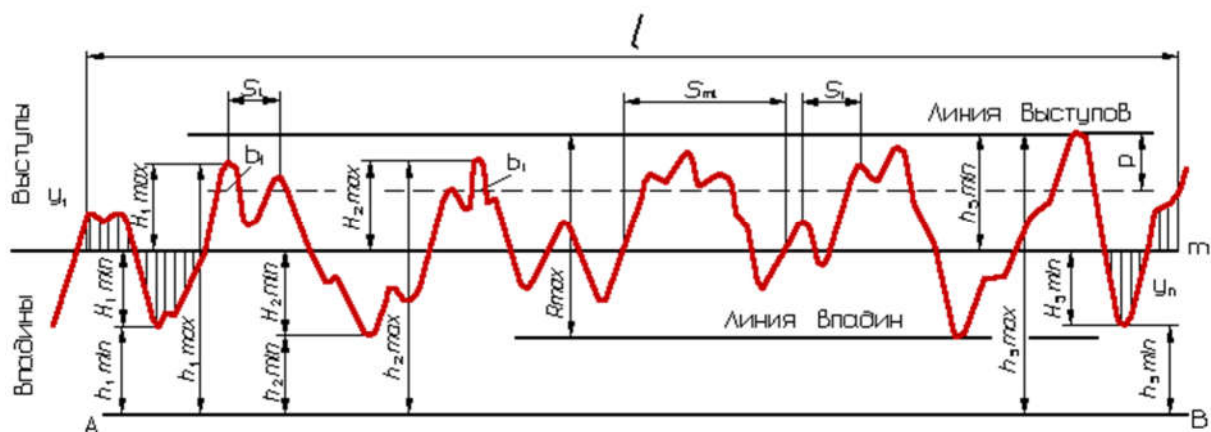


Рисунок 4.14 – Профилограмма обработанной поверхности

Согласно ГОСТ 25142-82 [23] шероховатость поверхности характеризуется следующими параметрами:

высотные параметры:

- R_{max} – **полная высота профиля** – сумма высоты наибольшего выступа профиля R_p и глубины наибольшей впадины профиля R_v в пределах длины оценки L ;

- R_z – **наибольшая высота профиля** – сумма высоты наибольшего выступа профиля R_p и глубины наибольшей впадины профиля R_v в пределах базовой длины l ;

- R_a – **среднее арифметическое отклонение профиля** – среднее арифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины;

шаговые параметры:

- S – **средний шаг местных выступов профиля** – среднее значение шагов местных выступов профиля, находящихся в пределах базовой длины;

- S_m – **средний шаг неровностей профиля** – среднее значение шага неровностей профиля в пределах базовой длины;

опорный параметр:

- t_p – **относительная опорная длина профиля** – отношение опорной длины профиля к базовой длине.

Важно помнить! Высотные параметры измеряются в микрометрах (мкм), шаговые – в миллиметрах (мм), а опорный параметр – в процентах (%).

При указании шероховатости на чертежах, предпочтение следует отдавать **среднему арифметическому отклонению профиля R_a** .

Шероховатость поверхностей обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости приведена на рисунке 4.15.

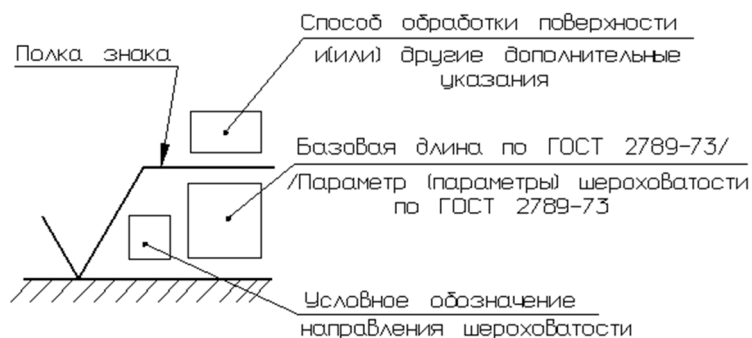


Рисунок 4.15 – Структура обозначения шероховатости [11]

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рисунке 4.16.

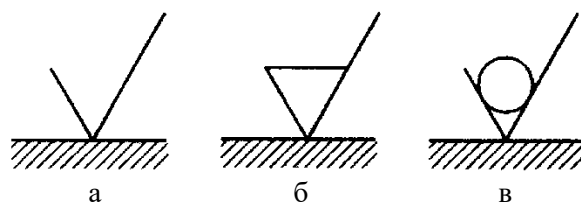


Рисунок 4.16 – Знаки шероховатости [11]

В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак, указанный на рисунке 4.16, а.

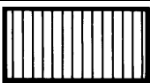
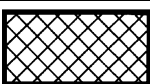
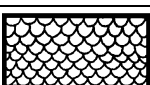
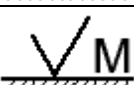
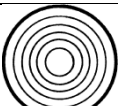
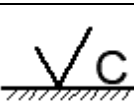
В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак, указанный на рисунке 4.16, б.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала, применяют знак, указанный на рисунке 4.16, в.

Типы направлений неровностей поверхности и их обозначение показаны в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Типы неровностей поверхности

Тип направлений неровности	Схематическое изображение	Обозначение
Параллельное		

Перпендикулярное		
Перекрещивающееся		
Произвольное		
Кругообразное		
Радиальное		

Значение шероховатости поверхности должно соответствовать значениям приведенным в таблицах П7.1-П7.3 приложения 7.

Выбор числового значения шероховатости поверхности является не менее сложной задачей. Требования к шероховатости поверхности, согласно ГОСТ 2789-73 [27], должны устанавливаться, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Допускается шероховатость поверхности связывать с уровнями относительной геометрической точности участка поверхности детали, регламентированными ГОСТ 24643-81 [15]. При этом значение параметра шероховатости будет составлять некоторую часть от допуска размера.

Числовое значение шероховатости поверхности Ra в зависимости от допуска размера и формы вычисляют по зависимостям [44-46]:

при допуске формы 60 % от допуска размера T_r $Ra \leq 0,05 \cdot T_r$;

при допуске формы 40 % от допуска размера T_r $Ra \leq 0,025 \cdot T_r$;

при допуске формы 20 % от допуска размера T_r $Ra \leq 0,012 \cdot T_r$,

что соответствует уровням относительной геометрической точности А, В, С.

При допуске формы менее 25 % от допуска размера T_r рекомендуется принимать

$$Ra \leq 0,15 \cdot T_f,$$

где T_f – допуск формы.

Полученное при расчете значение шероховатости округляется до ближайшего стандартного значения по ГОСТ 2789-73 или по таблице П7.1 приложения 7.

Шероховатость посадочных поверхностей под подшипник на валах и в корпусах должны соответствовать значениям таблицы П5.4.

Задания для самостоятельного выполнения

Задание 1

Крышка торцовая с отверстием для манжетного уплотнения (рисунок 4.17), служащая для крепления подшипника в корпусе, будет установлена в редукторе. Известны номинальные размеры крышки и класс допусков посадочных размеров (таблица 4.6).

Определить:

- допуск параллельности торца крышки;
- допуск соосности под манжетное уплотнение;
- допуск параллельности торца для базирования манжеты;
- величину шероховатости указанных поверхностей.

Дать эскиз детали «Крышка» с указанием на нем допустимых значений отклонений расположения и шероховатости поверхности.

Недостающие параметры крышки принять самостоятельно.

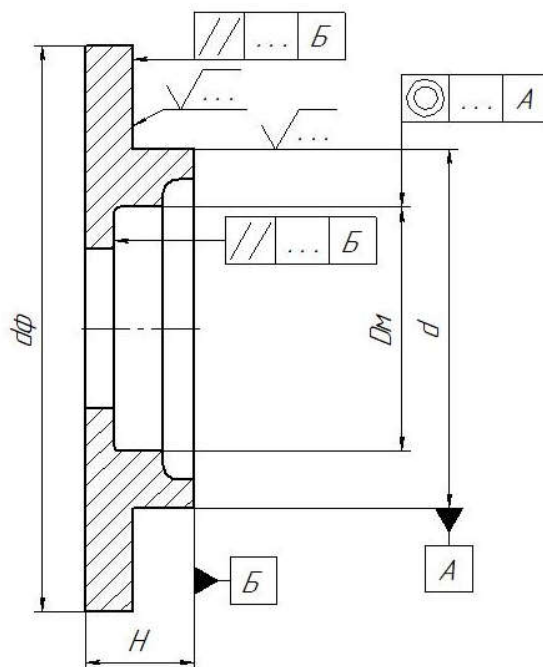


Рисунок 4.17 – Эскиз детали «Крышка» к заданию 1

Таблица 4.6 – Исходные данные к заданию 1

Предпоследняя цифра варианта	Номинальные размеры, мм				Последняя цифра варианта	Тип подшипника*	Класс точности подшипника	Класс допуска	
	d	dф	Dм	H				Dм	d
0	110	155	100	23	0	1	0	H8	h8
1	68	105	60	17	1	2	6	H9	h9
2	100	145	80	23	2	3	0	H8	h8
3	80	120	60	18	3	2	6	H9	h9
4	80	120	70	18	4	1	0	H8	h8
5	90	130	80	21	5	3	6	H9	h9
6	95	130	85	21	6	1	0	H8	h8
7	72	110	65	17	7	2	6	H9	h9
8	100	145	90	23	8	3	0	H8	h8
9	60	95	52	18	9	1	6	H9	h9
*Обозначение типа подшипника: 1 – шариковый радиальный; 2 – радиально-упорный; 3 – конический роликовый									

Задание 2

Для заданного эскиза вала (рисунок 4.18) известны номинальные размеры посадочных диаметров под подшипники качения и предельные размеров (таблица 4.7). Вал будет вращаться в подшипниках качения, установленных на участках АБ.

Определить:

- допуски круглости и продольного сечения (допуски цилиндричности) посадочных поверхностей под подшипники качения;
- допуски перпендикулярности (торцового биения) заплечников подшипников качения;
- величину шероховатости указанных поверхностей.

Выполнить эскиз вала с указанием отклонений формы поверхностей и шероховатости.

Таблица 4.7 – Исходные данные к заданию 2

Предпоследняя цифра варианта	Номинальные размеры, мм			Последняя цифра варианта	Тип подшипника*	Класс точности подшипника	Класс допуска диаметра d
	d	d0	d1				
0	20	26	35	0	1	0	k5
1	65	72	80	1	2	6	js6
2	30	38	50	2	3	0	m6
3	90	98	110	3	2	6	js5

4	55	73	85	4	1	0	k6
5	60	66	72	5	3	6	h6
6	45	52	58	6	1	0	k6
7	35	43	50	7	2	6	js6
8	55	61	70	8	3	0	m6
9	70	78	90	9	1	6	k5

*Обозначение типа подшипника: 1 – шариковый радиальный;
2 – радиально-упорный;
3 – конический роликовый

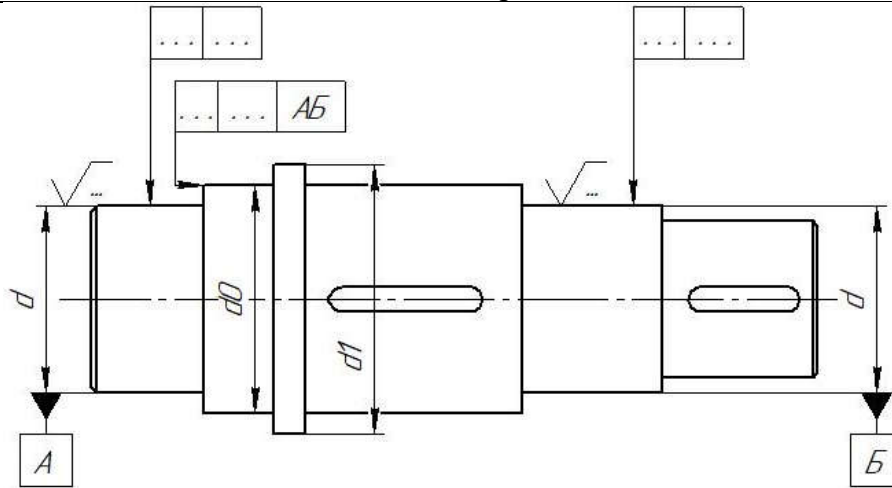


Рисунок 4.18 – Эскиз вала к заданию 2

Задание 3

Зубчатое колесо (рисунок 4.19) необходимо посадить на вал, который будет вращаться в подшипниках качения класса точности 0. По известному диаметру отверстия подшипников dn и данным таблицы 4.8 определить:

- допуск круглости и профиля продольного сечения (допуск цилиндричности) внутренней посадочной поверхности колеса;
- допуск торцового биения (допуск перпендикулярности) торца ступицы зубчатого колеса;
- величину шероховатости указанных поверхностей.

Выполнить эскиз зубчатого колеса с указанием на нем допустимых значений отклонений формы, расположения и шероховатости поверхности.

Таблица 4.8 – Исходные данные к заданию 3

Предпоследняя цифра номера варианта	dn , мм	m , мм	z	D , мм	b_w , мм	Последняя цифра номера варианта	Класс допуска D
0	75	5	80	80	100	0	H7
1	60	4	85	67	85	1	H6
2	95	5	100	100	125	2	H7

3	40	4	55	45	56	3	H6
4	55	4	75	60	75	4	H7
5	25	2,5	60	30	40	5	H6
6	70	4,5	80	75	95	6	H7
7	50	3,5	80	55	70	7	H6
8	85	5	90	90	110	8	H7
9	30	3	60	36	45	9	H6

Примечание. $l_{cm} \approx 1,5 \cdot D$

$d_{cm} \approx 1,6 \cdot D$

Недостающие конструктивные данные назначить самостоятельно.

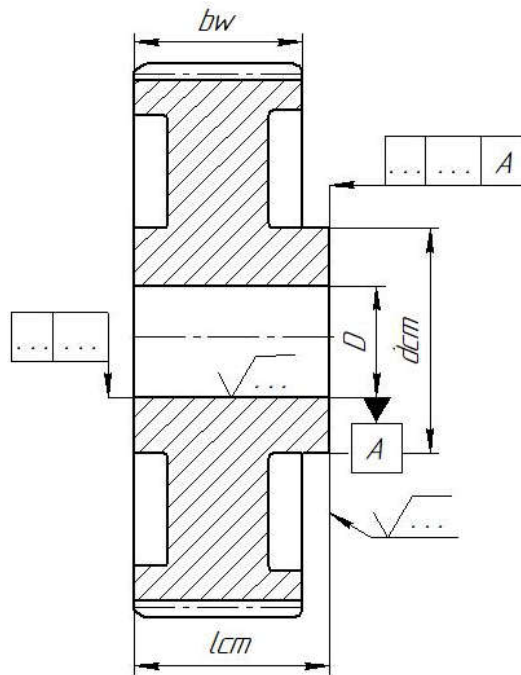


Рисунок 4.19 – Эскиз зубчатого колеса к заданию 3

Задание 4

Вал редуктора (рисунок 4.20) будет установлен на подшипниках качения класса точности 0. Известны номинальные размеры посадочных поверхностей и классы допусков (таблица 4.9).

Определить:

- допуск соосности посадочных поверхностей для подшипников качения;
- допуск круглости и профиля продольного сечения (допуск цилиндричности) посадочной поверхности под муфту;
- допуск соосности посадочной поверхности под муфту;
- величину шероховатости указанных поверхностей.

Выполнить эскиз вала с указанием на нем значений отклонений формы, расположения и шероховатости поверхностей.

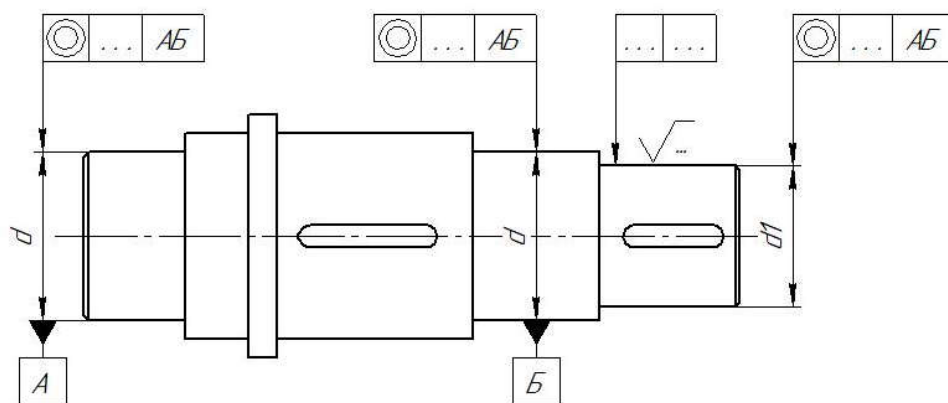


Рисунок 4.20 – Эскиз вала к заданию 4

Таблица 4.9 – Исходные данные к заданию 4

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальные размеры		Последняя цифра номера варианта	Тип подшипника*	Класс допуска для d1
	d	d1			
0	70	65	0	1	n6
1	50	45	1	2	m6
2	85	80	2	1	k6
3	80	75	3	2	r6
4	75	70	4	1	p6
5	100	95	5	2	n6
6	65	60	6	1	m6
7	60	55	7	2	k6
8	55	50	8	1	r6
9	90	85	9	2	p6

*Тип подшипника: 1 – шариковый радиальный;
2 – роликовый конический.
Недостающие размеры назначить самостоятельно.

Задание 5

Шкив будет посажен на вал. Передача вращающего момента осуществляется посредством шпоночного соединения. Номинальный размер отверстия в шкиве и размер шпоночного соединения известны (рисунок 4.21, таблица 4.10).

Определить:

- допуск параллельности и симметричности шпоночного паза;
- величину шероховатости рабочей поверхности шпоночного паза;
- допуск круглости и профиля продольного сечения (допуск цилиндричности) посадочного отверстия D.

Выполнить эскиз шкива со шпоночным пазом с указанием отклонений формы, расположения и шероховатости.

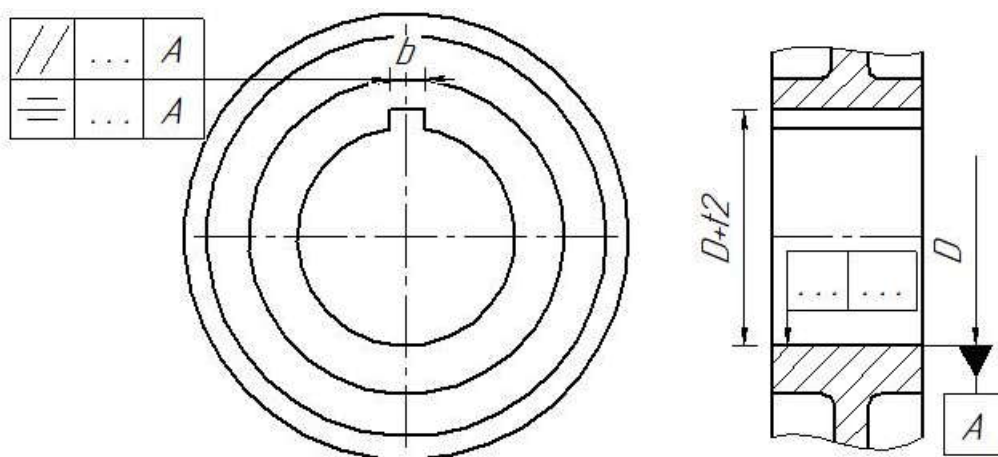


Рисунок 4.21 – Эскиз шкива к заданию 5

Таблица 4.10 – Исходные данные к заданию 5

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальные размеры, мм			Последняя цифра номера варианта	Класс допуска	
	D	b	t2		D	b
0	35	10	3,3	0	H6	D10
1	55	16	4,3	1	H7	Js9
2	90	24	5,4	2	H8	P9
3	40	12	3,3	3	H7	D10
4	115	32	7,4	4	H6	Js9
5	85	22	5,4	5	H8	P9
6	20	6	2,8	6	H7	D10
7	50	14	3,8	7	H8	Js9
8	60	18	4,4	8	H6	P9
9	100	28	6,4	9	H7	D10
Недостающие параметры принять самостоятельно.						

Задание 6

Опоры вала будут размещены в стакане (рисунок 4.22). Основные номинальные размеры стакана и классы допусков приведены в таблице 4.11.

Определить:

- допуск круглости и профиля продольного сечения (допуск цилиндричности) посадочных размеров стакана;
- допуск соосности внешней поверхности стакана относительно оси посадочного отверстия;
- величину шероховатости поверхности отверстия стакана под подшипники качения.

Выполнить эскиз стакана с указанием отклонений формы, расположения и шероховатости поверхности.

Таблица 4.11 – Исходные данные к заданию 6

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальные размеры, мм				Последняя цифра номера варианта	Тип подшипника*	Класс допуска	
	$D\phi$	D	d	H			d	D
0	185	130	150	120	0	1	js6	H7
1	180	125	140	110	1	2	k6	Js7
2	175	115	130	100	2	1	m6	H8
3	155	110	125	100	3	2	js6	H7
4	145	100	120	100	4	1	k6	Js7
5	135	90	105	85	5	2	js6	H7
6	130	85	100	80	6	1	k6	Js7
7	180	125	140	110	7	2	m6	H8
8	185	130	150	120	8	1	js6	H7
9	155	110	125	100	9	2	k6	Js7

Принять:

для вариантов с последней цифрой 0, 2, 4, 6, 8 – класс точности подшипника 0

для вариантов с последней цифрой 1, 3, 5, 7, 9 – класс точности подшипника 6

*Тип подшипника: 1 – шариковый радиальный;

2 – роликовый конический

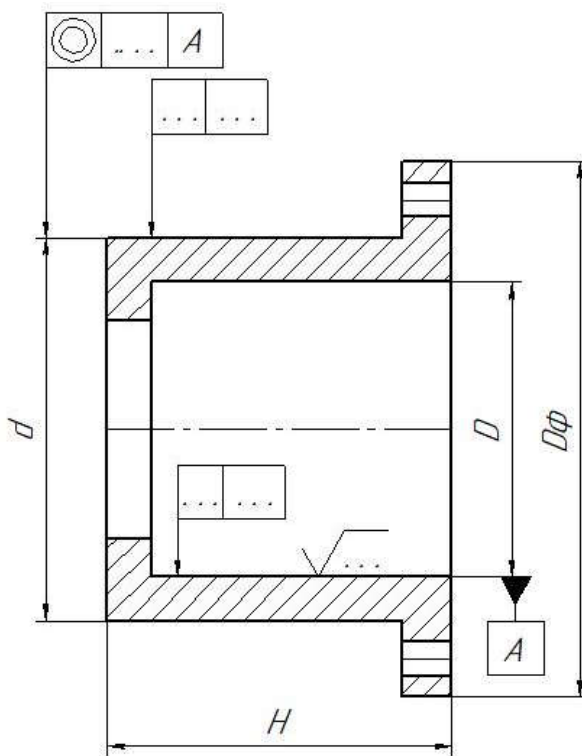


Рисунок 4.22 – Эскиз стакана к заданию 6

Задание 7

На вал (рисунок 4.23) будет посажено зубчатое колесо. Передача вращающего момента осуществляется через шпоночное соединение. Исходные данные представлены в таблице 4.12

Таблица 4.12 – Исходные данные к заданию 7

Предпоследняя цифра номера варианта	Номинальные размеры, мм			Последняя цифра номера варианта	Класс допуска	
	d	b	t1		d	b
0	35	10	5,0	0	k6	H9
1	55	16	6,0	1	n6	N9
2	90	24	9,0	2	p6	P9
3	40	12	5,0	3	r6	H9
4	115	32	11,0	4	s6	N9
5	85	22	9,0	5	k6	P9
6	20	6	3,5	6	n6	H9
7	50	14	5,5	7	p6	N9
8	60	18	7,0	8	r6	P9
9	100	28	10,0	9	s6	H9
Недостающие параметры принять самостоятельно.						

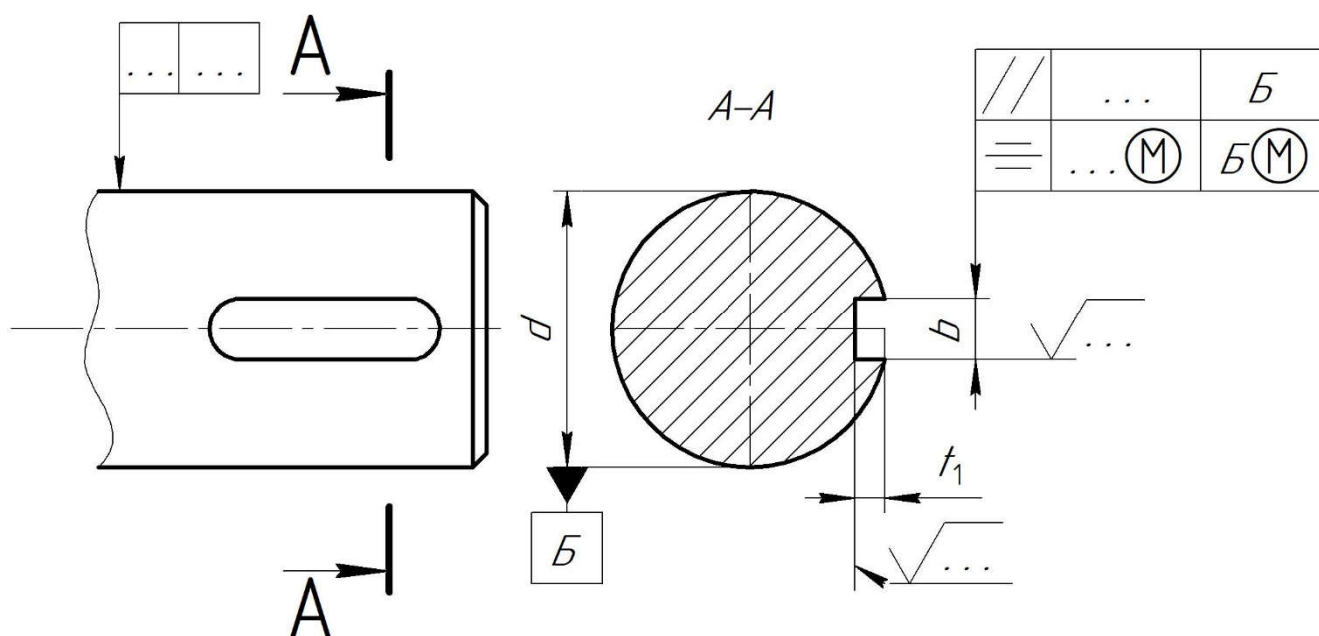


Рисунок 4.23 – Эскиз вала к заданию 7

Примеры выполнения задания

Пример 4.1

Для заданного эскиза вала (рисунок 4.24) известны размеры посадочных поверхностей вала под подшипники качения - $\varnothing 50k6$, а также номинальные размеры: $d_0 = 55$ мм, $d_1 = 65$ мм. Тип подшипника, который будет установлен на вал – шариковый радиальный однорядный, класса точности 0. Вал будет вращаться в подшипниках качения, установленных на участках АВ.

Необходимо назначить:

- допуски круглости и профиля продольного сечения (допуски цилиндричности) посадочных поверхностей под подшипники качения;
- допуск торцового биения (допуск перпендикулярности) левого по рисунку 4.24 заплечника вала под подшипник качения;
- величину шероховатости указанных на рисунке 4.24 поверхностей.

Дать эскиз вала и указать на нем допустимые значения отклонений формы и шероховатости поверхности.

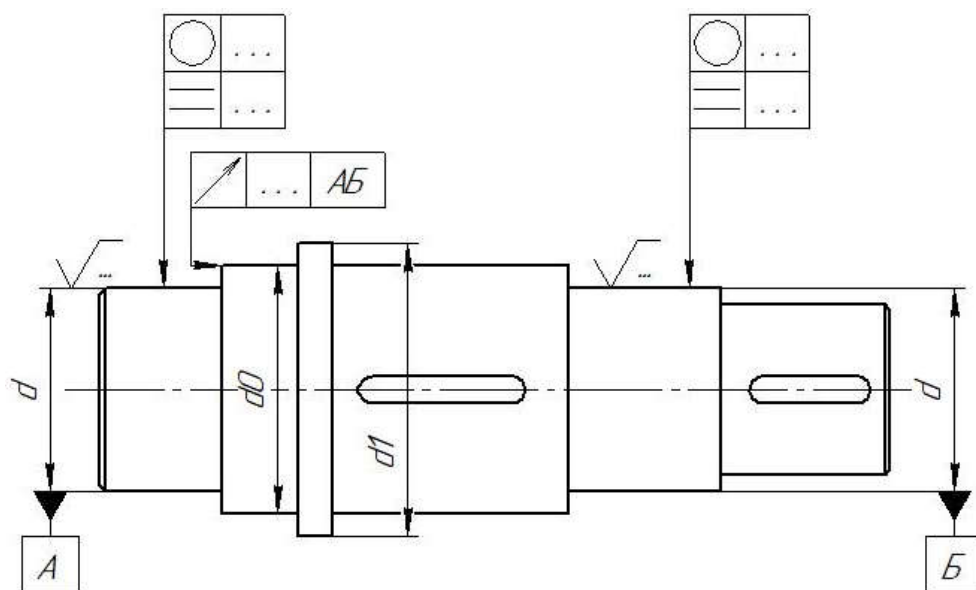


Рисунок 4.24 – Эскиз вала

Решение.

По ГОСТ 3325-85 допуск круглости и допуск профиля продольного сечения вала диаметром 50 мм, сопрягаемого с подшипником нулевого класса точности составляют 4 мкм (см. таблицу П5.3 приложения 5).

Принимаем $T_o = 4$ мкм, $T_+ = 4$ мкм.

По ГОСТ 3325-85 допуск торцового биения заплечника вала при $d = 50$ мм составляет 25 мкм. Принимаем $T_{\perp} = 25$ мкм.

Шероховатость посадочных поверхностей под подшипники качения регламентирована ГОСТ 3325-85 и принимается для диаметра вала 50 мм под подшипники качения нулевого класса точности 1,25 мкм, значит $Ra = 1,25$ мкм (см. приложение 5, таблица П5.4).

Упрощенный эскиз вала с указанными допустимыми отклонениями формы, расположения и шероховатости поверхности приведен на рисунке 4.25.

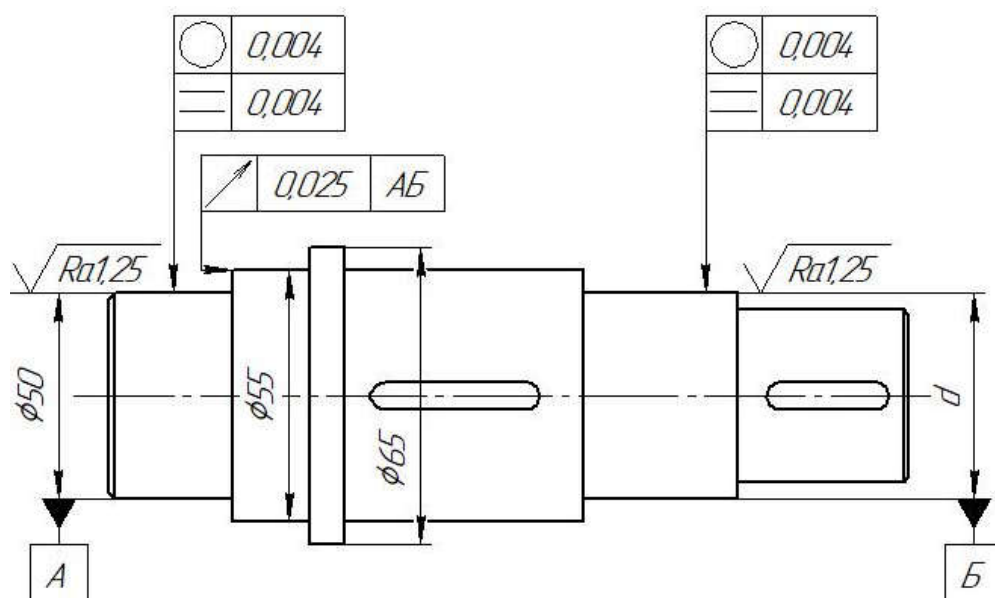


Рисунок 4.25

Пример 4.2.

Зубчатое колесо необходимо посадить на вал, который будет вращаться в подшипниках качения шариковых радиальных класса точности 0. По известному диаметру отверстия подшипников d_n , на которые будет установлен вал, номинальным размерам зубчатого колеса и обозначению класса допуска посадочного размера H7 определить:

- допуск цилиндричности внутренней посадочной поверхности колеса;
- допуск перпендикулярности торца ступицы зубчатого колеса;
- величину шероховатости поверхностей на рисунке 4.26.

Исходные данные:

$d_n = 50$ мм, $m = 3,5$ мм, $Z = 80$, $D = 55$ мм, $b_w = 70$ мм, $l_{ст} = 80$ мм, $d_{ст} = 95$ мм.

Решение.

Допуск цилиндричности внутреннего посадочного отверстия $\varnothing 55$ H7 по таблице 4.4 для рисунка 4.11 п.1 принимается равной $0,3 \cdot TD$.

Определим допуск внутреннего посадочного отверстия номинальным диаметром 55 мм, выполненного по 7-му квалитету по приложению 1.

$$IT_{755} = 30 \text{ мкм.}$$

Тогда

$$T_{tol} = 0,3 \cdot TD = 0,3 \cdot IT_{755} = 0,3 \cdot 30 = 9 \text{ мкм.}$$

Рассчитанный допуск цилиндричности округляем до стандартного значения по ГОСТ 24643-81 или по таблице 4.3.

$$T_{/O/} = 10 \text{ мкм} = 0,01 \text{ мм.}$$

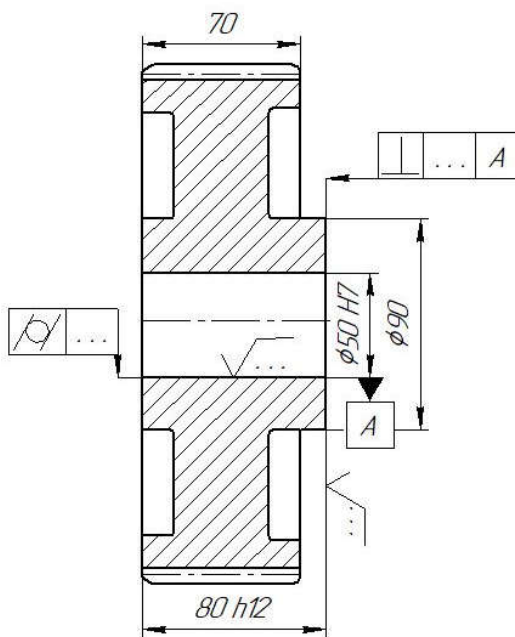


Рисунок 4.26 – Эскиз зубчатого вала

На чертеже (эскизе) предпочтительно задавать допуск круглости и допуск профиля продольного сечения, которые можно принять равными допуску цилиндричности.

Допуск перпендикулярности торца ступицы зубчатого колеса принимаем по таблице 4.4 для рисунка 4.11 п. 2.

Принимаем $T_{\perp} = 30 \text{ мкм}$. На чертеже (эскизе) предпочтительнее задать допуск торцового биения $T_{\nearrow} = 0,030 \text{ мм}$.

Шероховатость поверхности отверстия $\varnothing 55 \text{ H7}$. Определяем уровень относительной геометрической точности

$$\frac{T_{\phi}}{T_p} = \frac{0,01}{0,03} = 0,33,$$

где T_{ϕ} – точность формы, в нашем случае, равен допуску цилиндричности;

T_p – точность размера, для размера $\varnothing 55 \text{ H7}^{(+0,030)}$, равный 0,030 мм.

При таком значении T_{ϕ}/T_p ближе подходит уровень А, так как задана цилиндрическая поверхность.

Следовательно, $Ra \leq 0,05 \cdot T_p$, т.е. $Ra \leq 0,05 \cdot 30 \leq 1,5$ мкм. Ближайшее меньшее стандартное значение Ra (по приложению 7, таблица П7.1) равно 1,25 мкм.

Принимаем $Ra = 1,25$ мкм.

Шероховатость торца ступицы при допуске перпендикулярности 0,030 мм и допуске размера длины ступицы 0,30 мм (допуск для размера 80 h12)

Определяем уровень относительной геометрической точности

$$\frac{T_\phi}{T_p} = \frac{0,03}{0,3} = 0,1, \text{ т.е. } 10 \%, \text{ что меньше } 25 \%.$$

Тогда $Ra \leq 0,15 \cdot T_\phi \leq 0,15 \cdot 30 \leq 4,5$ мкм.

Ближайшее меньшее стандартное значение $Ra = 3,2$ мкм.

Принимаем $Ra = 3,2$ мкм.

Эскиз зубчатого колеса с указанием на нем допустимых значений отклонений форм и расположения, а также шероховатости поверхности приведен на рисунке 4.27.

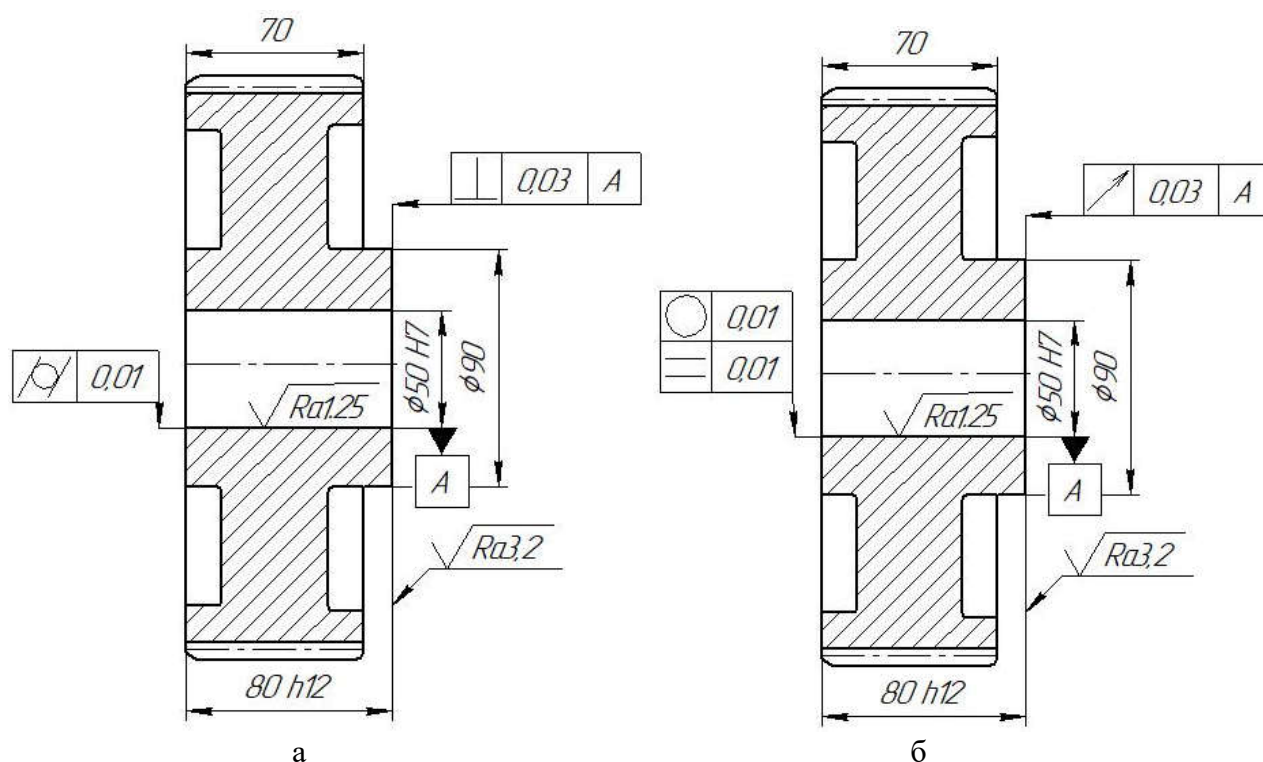
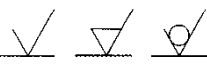


Рисунок 4.27 – Эскиз зубчатого колеса:

а – первый вариант простановки отклонений формы и расположения; б – предпочтительный вариант обозначения отклонений формы и расположения

Контрольные вопросы для самоподготовки и защиты практической работы.

1. Что такое относительная геометрическая точность?

2. В каких случаях назначаются допуски цилиндричности, плоскостности?
3. Как в графических документах указываются допуски формы и расположения?
4. Как следует учитывать квалитет допуска размера при назначении степени точности формы?
5. Перечислите допуски формы.
6. Перечислите допуски расположения.
7. Перечислите суммарные допуски формы и расположения.
8. Что должно быть указано в каждой части рамки при условном обозначении допуска формы и расположения?
9. В каком случае перед числовым значением допуска указывают символ $\varnothing$? R? T? T/2? слово «сфера»?
10. Что такое зависимый допуск? Как его обозначают?
11. Если в качестве базового элемента необходимо задать ось вращения или симметрии, то куда должна быть привязана база?
12. Шероховатость поверхности.
13. Параметры шероховатости поверхности.
14. На что указывают знаки  при обозначении шероховатости поверхности на чертежах?
15. В каких единицах измеряется шероховатость?
16. Какая существует зависимость значения шероховатости поверхности Ra от допуска размера и формы?
17. В зависимости от чего осуществляют выбор числового значения шероховатости поверхности?
18. Расшифруйте обозначение

